

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 543.42:582.29

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *PINUS SILVESTRIS* И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ *PICEA ABIES* В Г. ТВЕРИ**Е.М. Тарасова, С.Д. Хижняк, А.Ф. Мейсурова, П.М. Пахомов**

Тверской государственный университет

С помощью метода ИК-Фурье спектроскопии исследованы образцы хвои сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. и ели европейской *Picea Abies*, собранные в г. Твери в зонах с различной антропогенной нагрузкой. Установлен химический состав игл разных лет жизни. Существенных изменений в интенсивности ИК полос поглощения сосновых игл фонового (ПС 1) и антропогенного (ПС 2, ПС 3) пунктов сбора не обнаружено. При изучении ИК спектров образцов хвои разных лет жизни из зоны с высокой антропогенной нагрузкой (ПС 2 и ПС 3) и фоновой зоны (ПС 1) наблюдается увеличение интенсивности полос поглощения со временем. В образцах хвои ели европейской *Picea Abies* основные изменения в ИК спектрах поглощения наблюдаются в тех же областях, что и для образцов хвои сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L., но эти изменения более выражены, что свидетельствует о большей степени накопления поллютантов в хвое ели европейской. При сравнении образцов игл двух видов хвойных (сосна и ель), собранных из ПС с аналогичной антропогенной нагрузкой, наблюдаются значительные изменения в ИК полосах поглощения, подтверждающие, что в иглах ели европейской накопление поллютантов из атмосферного воздуха происходит интенсивнее, чем в иглах сосны обыкновенной.

Ключевые слова: сосна обыкновенная *Pinus Silvestris* L., ель европейская *Picea Abies*, ИК-Фурье спектроскопия, химический состав, накопление поллютантов.

DOI: 10.26456/vtchem12

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие промышленности и транспорта в последние десятилетия вызвало резкое увеличение потребления сырья, топлива и усиление загрязнения природной среды (атмосферного воздуха, воды, почвы) различными выбросами техногенного происхождения. С ухудшением экологической обстановки увеличилась нагрузка на лесные сообщества, что постепенно приводит к серьезным нарушениям в их функционировании. Считается, что для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха хвойные насаждения. Это обуславливает выбор хвойных деревьев как важнейшего индикатора антропогенного влияния [1].

Одними из наиболее распространенных видов растений-биоиндикаторов, используемых для биомониторинга, являются ель обыкновенная и сосна обыкновенная [2]. Сравнительный анализ хвойных пород и других видов в санитарно-гигиеническом отношении приводит к выводу, что насаждения из сизохвойных и серебристых форм ели обладают большей зимостойкостью и газопоглотительной способностью [3].

Поскольку под действием антропогенного загрязнения окружающей среды в хвойных растениях могут происходить изменения на химическом и анатомическом уровнях, то эффективными методами изучения этих изменений являются Фурье-ИК спектроскопия и высокоэффективная жидкостная хроматография [4].

Большинство работ по влиянию техногенных и антропогенных загрязнений посвящено влиянию выбросов на естественные лесные насаждения. О городских посадках хвойных растений таких работ очень мало [1]. Загрязнение атмосферного воздуха в г. Твери формируют автотранспорт, предприятия энергетического комплекса (ТЭЦ и котельные), предприятия машиностроения, предприятия строительных материалов.

За последние пять лет с 2012 по 2016 годы средние концентрации диоксида азота, формальдегида, железа повысились, уровень загрязнения атмосферы взвешенными веществами, диоксидом серы, оксидом азота, сероводородом, бенз(а)пиреном, хромом, цинком понизился. Без изменения сохранился уровень загрязнения атмосферы оксидом углерода, свинцом, никелем, медью, марганцем [5].

В Твери 76 предприятий, имеющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. По данным государственного доклада более 20% от общей суммы выбросов не проходят очистку.

Актуальность темы обусловлена необходимостью регулярного наблюдения и изучения реакции хвойных деревьев разных видов на аэротехногенное воздействие.

Цель настоящей работы – оценка влияния атмосферных поллютантов на химический состав и морфологию хвойных растений, произрастающих в условиях аэротехногенного загрязнения города Твери.

В работе были поставлены следующие задачи:

- определить пункты сбора (ПС) образцов хвои в местах с разной степенью антропогенной нагрузки г. Твери;
- изучить особенности воздействия антропогенной нагрузки на химический состав хвойных растений: сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. и ели европейской (обыкновенной) *Picea Abies*;
- сравнить степень накопления поллютантов в иглах 1-го, 2-го и 3-го года жизни для каждого вида деревьев;
- провести межвидовое сравнение накопления поллютантов в иглах разных годов жизни.

Методика. Основными хвойными насаждениями в черте города являются ель обыкновенная и ель голубая. В городе насаждения сосны обыкновенной находятся в, так называемых, «чистых зонах», относящихся к особо охраняемым природным территориям регионального значения, рощи и парки. Насаждения сосны обыкновенной встречаются вдоль автомобильных шоссе на выезде из города и федеральных трасс.

Сбор, сушка и хранение исследуемых растений производили в соответствии с требованиями Государственной Фармакопеи, ГОСТов [6].

Исследования проводили в осенний период 2017 года. Сбор образцов игл сосны обыкновенной 1-го, 2-го и 3-го года жизни, а также сухих опавших игл. Сбор образцов игл ели европейской 1-го, 2-го и 3-го года жизни, и сухих игл на ветках.

Пункты сбора (ПС) образцов представлены в табл. 1.

Всего проанализировано 27 образцов хвойных игл.

Для записи ИК спектров использовали стандартную методику приготовления таблеток с бромидом калия (KBr) [7].

Интерпретация полученных ИК спектров осуществлялась с помощью табл. 2, где представлено отнесение основных ИК полос поглощения [8,9].

В лабораторных условиях проведен анализ образцов хвои, с помощью метода ИК-Фурье-спектроскопии в 5-ти кратном повторении измерений.

Качественный химический состав определили с помощью ИК-Фурье спектрометра «Equinox 55» фирмы Bruker (Германия) в Центре коллективного пользования Тверского государственного университета. Качественный состав полученных образцов сравнили по содержанию для разных видов хвойных деревьев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ИК спектры исследованных образцов игл разных годов жизни сосны обыкновенной из чистой зоны и зоны с высокой антропогенной нагрузкой в г. Твери представлены на рис. 1 и рис. 2. В ИК области ($4000 - 2000 \text{ см}^{-1}$) значительных изменений не обнаружено.

Таблица 1.

Пункты сбора образцов хвои сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. и ели европейской *Picea Abies* в г. Твери

№ ПС	Место сбора образцов	Объект сбора	Характеристика загрязняющего влияния на атмосферу
ПС1	Комсомольская роща	Сосна обыкновенная <i>Pinus Silvestris</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни.	Чистая зона (особо охраняемая природная территория). Фоновые показатели загрязнения почв, растений и атмосферы.
ПС 2	Санкт-Петербургское шоссе, выезд на федеральную трассу М-10	Сосна обыкновенная <i>Pinus Silvestris</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни, сухие опавшие иглы.	Транспорт: угарный газ, бензол, оксид серы, диоксид серы, оксиды азота.
ПС 3	Старицкое шоссе д. 2	Сосна обыкновенная <i>Pinus Silvestris</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни, сухие опавшие иглы.	Транспорт: угарный газ, бензол, оксид серы, диоксид серы, оксиды азота.
ПС 4	ул. Индустриальная, д.1: ТЭЦ 4	Ель европейская <i>Picea Abies</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни.	Выбросы энергетических предприятий. Автотранспорт.
ПС 5	ул. Паши Савельевой д.60: ОАО Стеклопластик	Ель европейская <i>Picea Abies</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни.	Выбросы в атмосферу химических предприятий: стирол, толуол, стеклопластиковая пыль. Выбросы автотранспорта.
ПС 6	ул. Можайского: южный мост	Ель европейская <i>Picea Abies</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни. Сухие иглы на мутовках 1-го года жизни.	Транспорт: угарный газ, бензол, оксид серы, диоксид серы, оксиды азота.
ПС 7	ул Дорошиха, 45Г: ОАО «ТВЗ»	Ель европейская <i>Picea Abies</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни.	Выбросы машиностроительных заводов: тяжелые металлы, продукты сгорания топлива,

			металлическая и пластиковая пыль. Автотранспорт.
ПС 8	Ул. Советская д.5: Главпочтамт	Ель европейская <i>Picea Abies</i> . Иглы 1-го, 2-го, 3-го года жизни.	Выбросы автотранспорта: угарный газ, бензол, оксид серы, диоксид серы, оксиды азота.

Таблица 2

Отнесение ИК полос поглощения в спектрах образцов хвойных игл сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. и ели европейской *Picea Abies* [7, 8].

Частота, см ⁻¹	Интерпретация полос поглощения
~3420-3410	Валентные колебания –ОН группы (νOH)
~2930-2922	Ассиметричные валентные колебания группы C–H ₂ , ($\nu_{\text{as}}\text{CH}_2$)
~2855	Симметричные валентные колебания группы C–H ₃ , ($\nu_{\text{s}}\text{CH}_3$)
~2040; ~1741-1732; ~1700; ~1695	Валентные колебания C=O ($\nu\text{C=O}$)
~1653-1619	Колебания Амид I ($\nu\text{C=O}$)
~1540-1513	Колебания Амид II ($\nu\text{O-C-N}$)
~1450-1440	Деформационные колебания групп CH ₂ и N–H
~1423	Деформационные колебания групп CH ₂ и OH
~1385	Симметричные валентные колебания группы алкилнитратов ($\nu_{\text{s}}\text{-O-NO}_2$)
~1320-1315	Ассиметричные валентные колебания группы сульфонов, ($\nu_{\text{as}}\text{SO}_2$)
~1285-1280	Ассиметричные валентные колебания сложных эфиров ($\nu_{\text{as}}\text{C-O-C}$)
~1250-1233	Колебания Амид III, ($\delta\text{-NH}$)
~1228	Колебания группы сульфокислот, R-SO ₂ -OH
~1201	Валентные и деформационные колебания групп C–O и OH ($\nu\text{C-O}$), (δOH)
~1168	Симметричные валентные колебания алкилсульфонов ($\nu_{\text{s}}\text{R-SO}_2$)
~1100-1060	Валентные колебания групп ($\nu\text{C-O}$), ($\nu_{\text{as}}\text{COC}$)
~1075-1062	Симметричные валентные колебания группы C–O–C ($\nu_{\text{s}}\text{C-O-C}$)
~1030	Валентные колебания группы OH, (νOH)
892	Деформационные колебания C–H в группе C=C–H
~871	Колебания группы сульфатов (RO) ₂ SO ₂

~802	Деформационные колебания C–H в группе C=C–H
~781-768	Деформационные колебания сульфогруппы, R–SO ₂ –R (δSO ₂), сульфоны
~670-662	Деформационные колебания сульфогруппы, R–SO ₂ –R (δSO ₂), сульфоны
~540-519	Деформационные колебания сульфогруппы, R–SO ₂ –R (δSO ₂), сульфоны

Основные изменения в ИК спектрах обнаружены для области «отпечатков пальцев» (1800 – 400 см⁻¹).

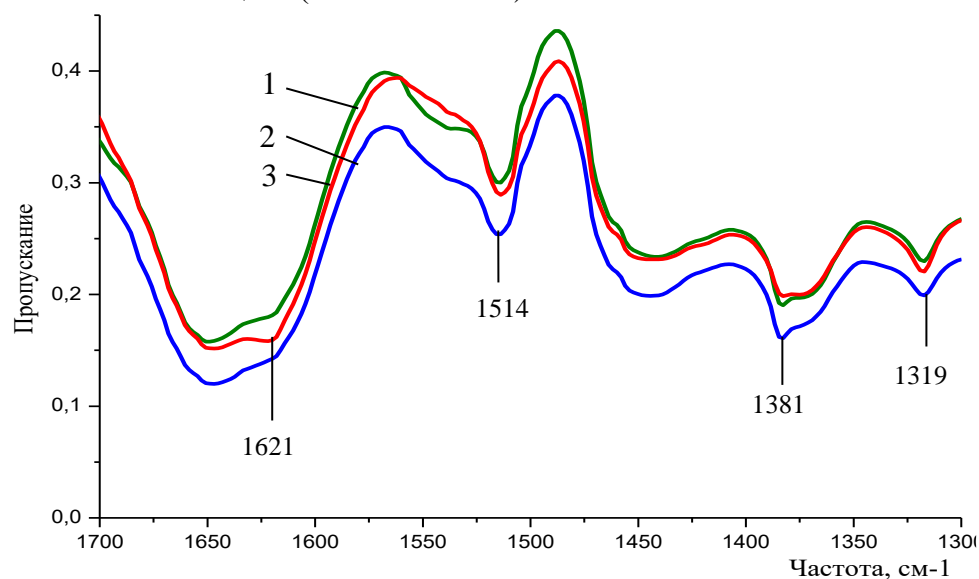


Рис.1. ИК спектры пропускания образцов хвои сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L., собранные в фоновой зоне ПС 1: 1 – иглы 1-го года, 2 – иглы 2-го года, 3 – иглы 3-го года.

При изучении ИК спектров образцов сосновых игл разных годов жизни наблюдается много полос поглощения.

Изменения в спектрах поглощения в сосновых иглах 1-го и 2-го годов жизни практически не наблюдается. Основные изменения в полосах поглощения сосновых игл 3-го года жизни, в сравнении с первым и вторым годом жизни: ~1640-1610, ~1540-1510, 892-880, 780-760 и 670-662 см⁻¹. Эти полосы соответствуют колебаниям различных характеристических групп, которые соответствуют таким типам соединений как: алкилэфиры азотистой кислоты (1640-1610 см⁻¹), вторичные алкиламины (1510 см⁻¹), производные бензола (892 см⁻¹), сульфокислоты RSO₃H (780, 670-662 см⁻¹).

Наибольшие изменения в спектрах поглощения наблюдаются в сухих иглах в области колебаний: ~1730, ~1701 см⁻¹ (валентные колебания C=O); ~1640 см⁻¹ (валентные колебания амид II O–C–N);

$\sim 1168 \text{ см}^{-1}$ (валентные колебания алкилсульфонов R-SO_2); $\sim 892\text{-}880 \text{ см}^{-1}$ (деформационным колебаниям группы сульфатов $(\text{RO})_2\text{SO}_2$).

Значительных изменений в полосах поглощения ИК спектров в сосновых иглах фоновой (ПС 1) и антропогенной (ПС 2, ПС 3) зонах не наблюдается (рис.3). При изучении ИК-спектров образцов разных лет жизни из зоны с высокой антропогенной нагрузкой (ПС 2 и ПС 3) и фоновой зоны (ПС 1) наблюдается увеличение интенсивности полос поглощения, которые соответствуют различным типам соединений: α -галогензамещенные кетоны ($\sim 1730 \text{ см}^{-1}$), алкилэфиры азотистой кислоты ($\sim 1640 \text{ см}^{-1}$); вторичные алкиламины ($\sim 1513 \text{ см}^{-1}$), ди- и тетразамещенные производные бензола (892 см^{-1}), сульфокислоты RSO_3H ($\sim 781 \text{ см}^{-1}$, $\sim 669 \text{ см}^{-1}$).

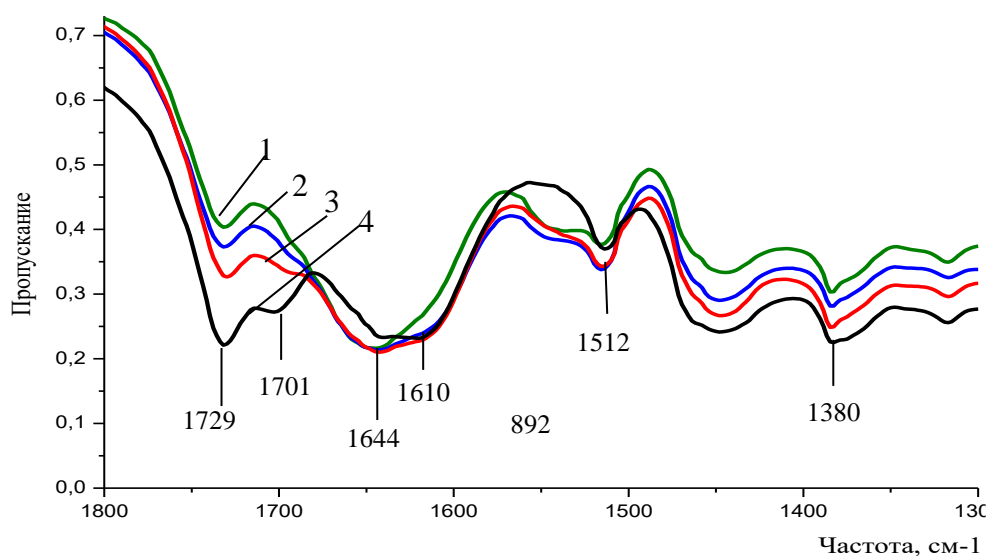


Рис.2. ИК спектр пропускания образцов хвои сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L., собранные в ПС 2 вдоль Санкт-Петербургского шоссе на выезде: 1 – иглы 1-го года, 2 – иглы 2-го года, 3 – иглы 3-го года, 4 – сухие иглы.

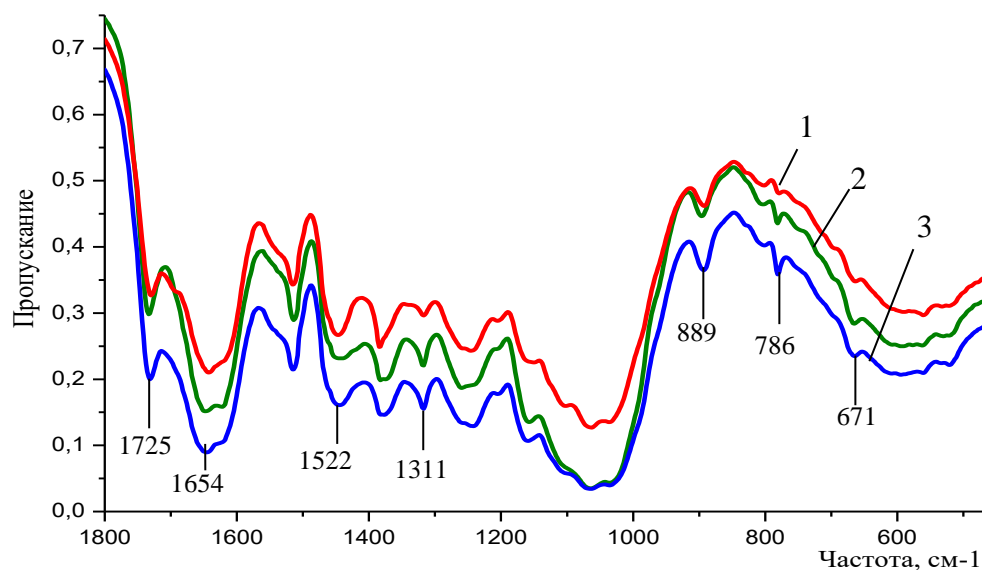


Рис.3. Сравнение ИК спектров пропускания образцов хвои сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. 3-го года жизни: 1 – ПС 1 Комсомольская роща, 2 – ПС 2 Санкт-Петербургское шоссе, 3 – ПС 3 Старицкое шоссе.

ИК спектры исследованных образцов игл разных годов жизни ели европейской *Picea Abies*, собранных в ПС 4 – 8 представлены на рис. 4-7. В ИК области $4000 - 2000 \text{ см}^{-1}$ также не наблюдаются значительных изменений, а основные изменения обнаружены в области спектра $1800 - 400 \text{ см}^{-1}$.

Значительные изменения в ИК спектрах поглощения образцов игл ели европейской разных годов жизни обнаружены для всех ПС. Основные изменения в полосах поглощения наблюдаются в области колебаний: $\sim 1730-1710$, ~ 1701 , $\sim 1660-1640$, $\sim 1520-1510$, $\sim 1390-1380$, $\sim 1320-1310$, $\sim 1245-1210$, ~ 902 , $\sim 880-870$, $\sim 780-770$ и $\sim 670 \text{ см}^{-1}$.

Эти полосы соответствуют различным типам колебания характеристических групп, которые соответствуют таким типам соединений как: α -галогензамещенные кетоны (1730 см^{-1}), алифатические кетоны ($1720-1700 \text{ см}^{-1}$), алкилэфиры азотистой кислоты (1640 см^{-1}), вторичные алкиламины (1510 см^{-1}), алкилнитраты ($\sim 1390-1380 \text{ см}^{-1}$), производные бензола (902 и 892 см^{-1}), сульфокислоты RSO_3H (1320 , $780-770$ и 670 см^{-1}).

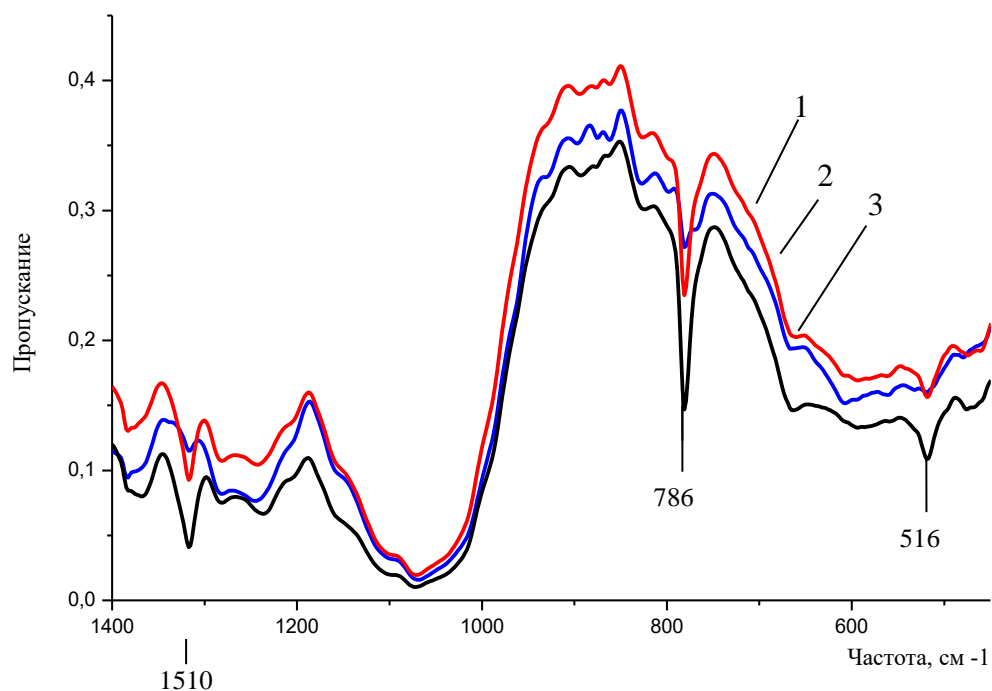


Рис.4. ИК спектры пропускания образцов хвои ели европейской *Picea Abies* собранных из ПС 4 ТЭЦ-4: 1 – иглы 1-го года, 2 – иглы 2-го года, 3 – иглы 3-го года.

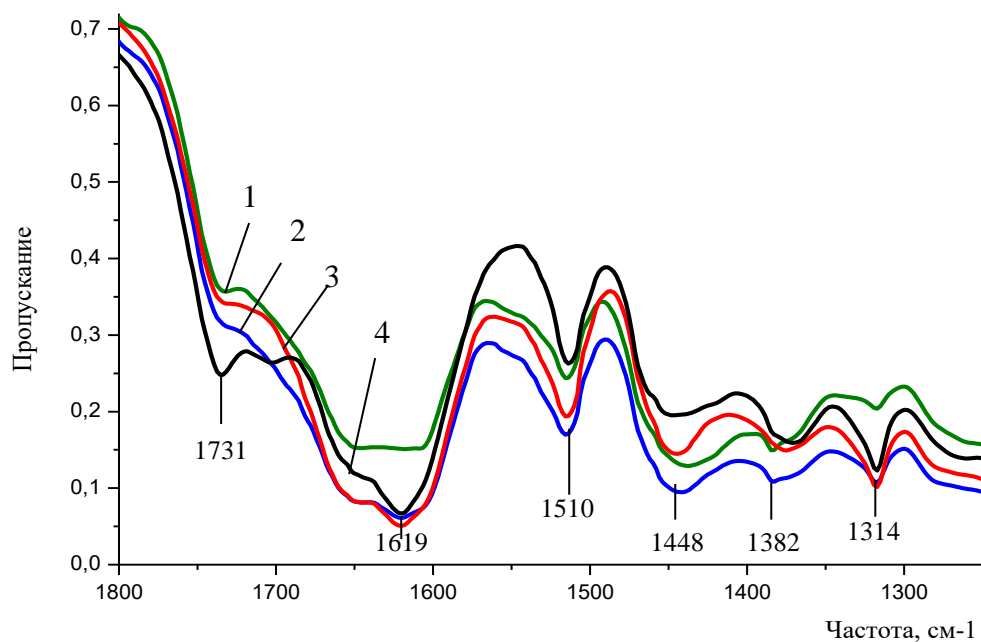


Рис.5. ИК спектры пропускания образцов хвои ели европейской *Picea Abies* собранных из ПС 5 завод Стеклопластик: 1 – иглы 1-го года, 2 – иглы 2-го года, 3 – иглы 3-го года, 4 – сухие иглы.

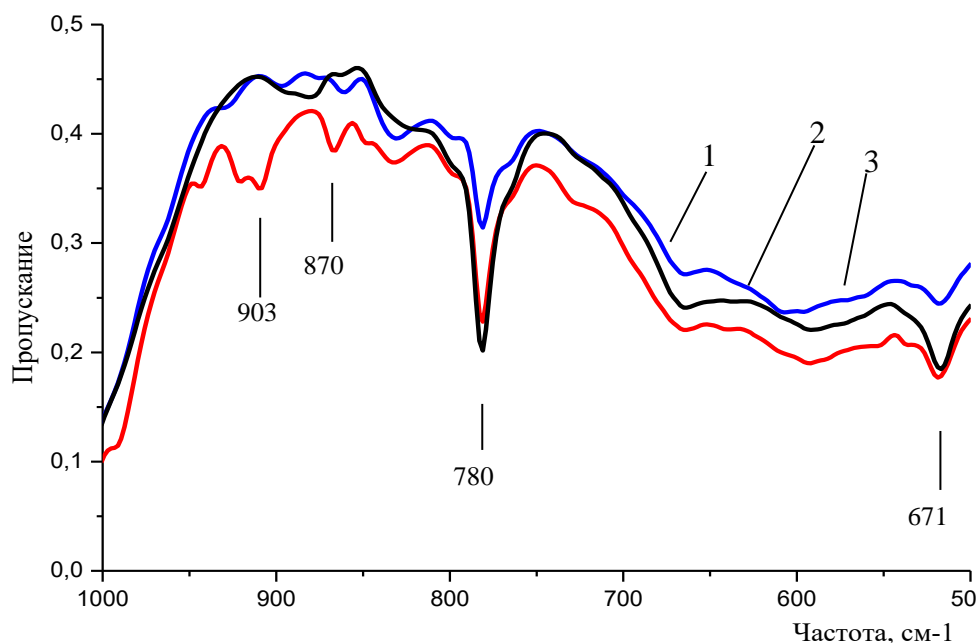


Рис. 6. ИК спектры пропускания образцов хвои ели европейской собранных из ПС 7 ТВ-3: 1 – иглы 1-го года, 2 – иглы 2-го года, 3 – иглы 3-го года.

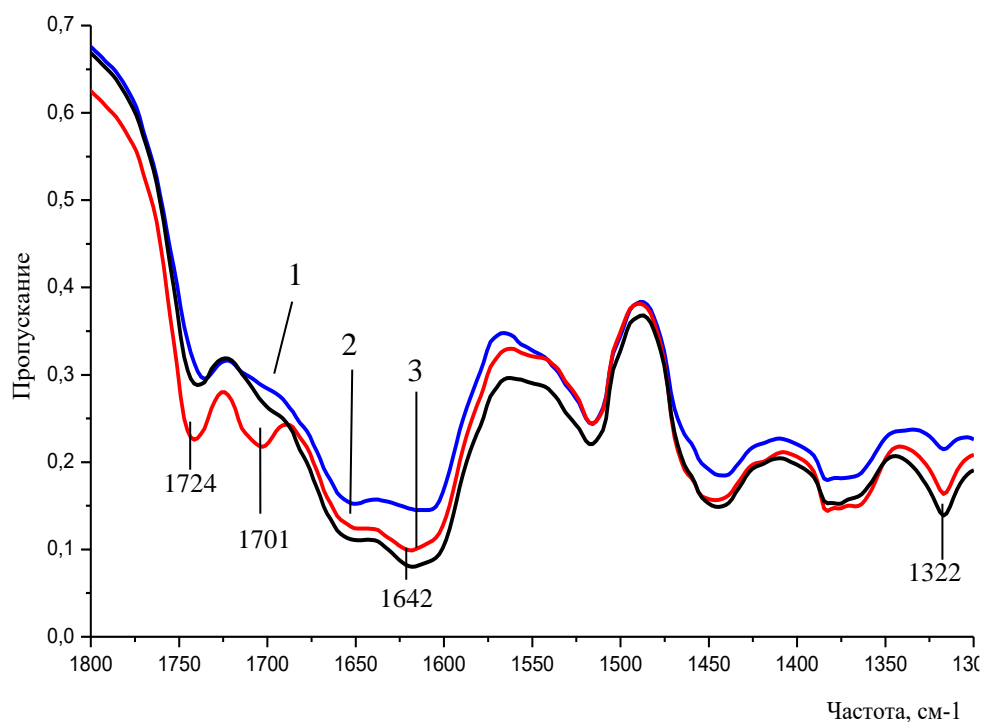


Рис. 7. ИК спектры пропускания образцов хвои ели европейской *Picea Abies* собранных из ПС 8 Советская площадь: 1 – иглы 1-го года, 2 – иглы 2-го года, 3 – иглы 3-го года.

При сравнении ИК спектров поглощения образцов игл ели европейской *Picea Abies* 3-го года жизни собранных из ПС 6 и ПС 8 с аналогичной техногенной нагрузкой (автотранспорт) наблюдается изменения в области колебаний: ~ 1615 , ~ 1510 , ~ 1292 , ~ 1245 , ~ 870 , ~ 820 см^{-1} , ~ 590 см^{-1} . Эти полосы соответствуют различным типам колебания характеристических групп, которые соответствуют таким типам соединений как: алкилэфиры азотистой кислоты ($1640\text{--}1610$ см^{-1}), вторичные алкиламины (1510 см^{-1}), эфиры непредельных ароматических кислот (1292 см^{-1}), вторичные амиды (1245 см^{-1}), производные бензола (870 см^{-1}), сульфокислоты RSO_3H (820 , 590 см^{-1}), что указывает на разную степень антропогенной нагрузки в этих ПС, и изменения в иглах 3-го года из ПС 6 заметны, по сравнению с иглами из ПС 8.

Сравнение ИК спектров поглощения образцов игл 3-го года жизни ели европейской из ПС 4-7, с различной антропогенной и техногенной нагрузкой представлено на рис. 11. Видно большое количество различий в полосах поглощения, что указывает на поглощение различных соединений иглами ели европейской в зависимости от пункта сбора.

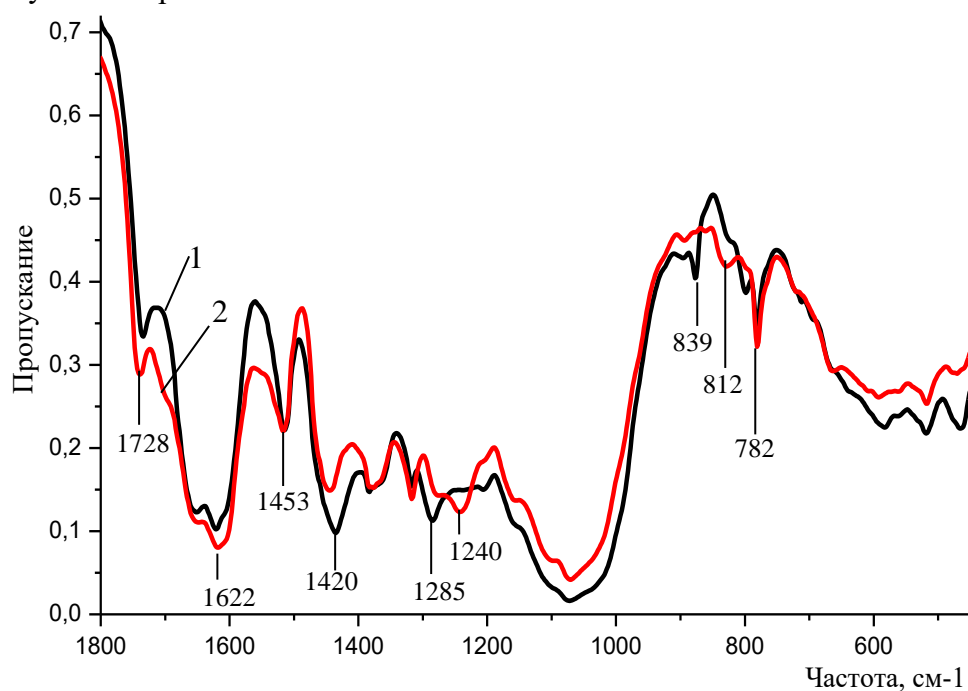


Рис. 10. Сравнение ИК спектров пропускания образцов хвои ели европейской *Picea Abies* 3-го года жизни собранных около дорог: 1 – ПС 6, 2 – ПС 8.

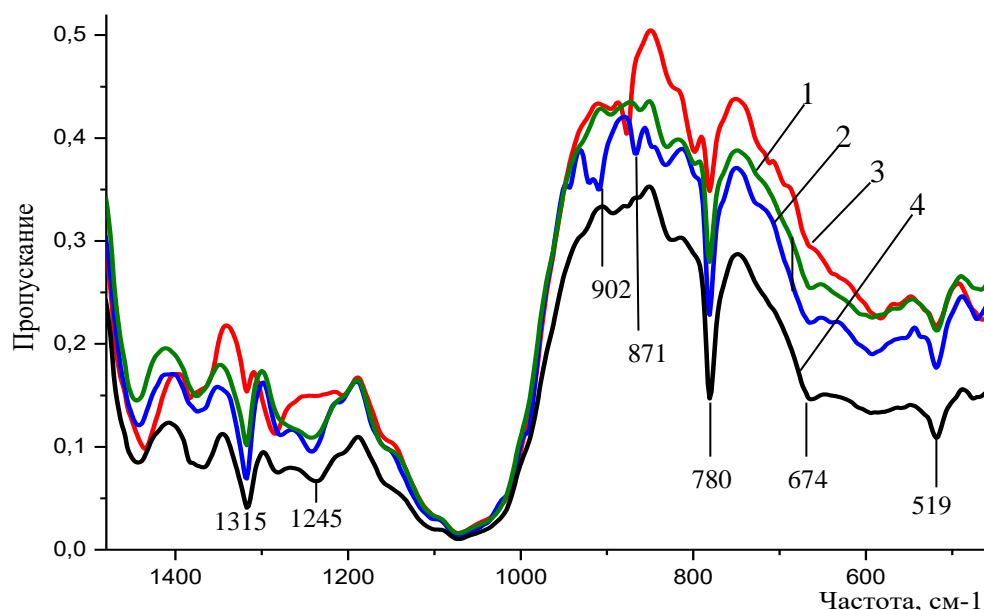


Рис. 11. Сравнение ИК спектров пропускания образцов хвой ели европейской *Picea Abies* 3-го года жизни собранных из мест с разной антропогенной нагрузкой: 1 – ПС 4, 2 – ПС 5, 3 – ПС 6, 4 – ПС 7.

При сравнении ИК спектров образцов игл сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. И ели европейской *Picea Abies* (рис. 12, 13), собранных из ПС2, ПС6 и ПС8 с аналогичной антропогенной нагрузкой (автотранспорт) наблюдаются значительные различия в полосах поглощения, что особенно заметно на образцах игл 3-го года жизни: ~ 1730 , ~ 1653 , ~ 1615 - 1600 , ~ 1520 - 1510 , ~ 1440 - 1425 , ~ 1390 - 1380 , ~ 1320 - 1310 , ~ 1245 , ~ 880 - 870 , ~ 780 - 770 , ~ 690 см^{-1} . Эти полосы соответствуют различным типам колебания характеристических групп, которые соответствуют таким типам соединений как: α -галогензамещенные кетоны (1730 см^{-1}), вторичные амиды (1650 - 1640 см^{-1}), вторичные алкиламины (1510 см^{-1}), алкилнитраты (1385 см^{-1}), производные бензола (880 - 870 см^{-1}), сульфокислоты RSO_3H (1320 - 1310 , 780 , 670 - 662 см^{-1}).

На основе полученных данных можно заключить, что сосна обыкновенная является чувствительным биоиндикатором загрязнения воздуха, о чем свидетельствует отсутствие игл 4-го года жизни и малое количество игл 3-го года жизни. Накопление поллютантов приводит к быстрому отмиранию и опадению хвой, поэтому мы наблюдаем небольшие изменения в ИК спектрах поглощения игл 1 и 3-го года жизни.

Ель обыкновенная также является чувствительным биоиндикатором загрязнения воздуха, который накапливает поллютанты из атмосферного воздуха и почвы, о чем свидетельствует разница в ИК спектрах поглощения в иглах разных лет жизни.

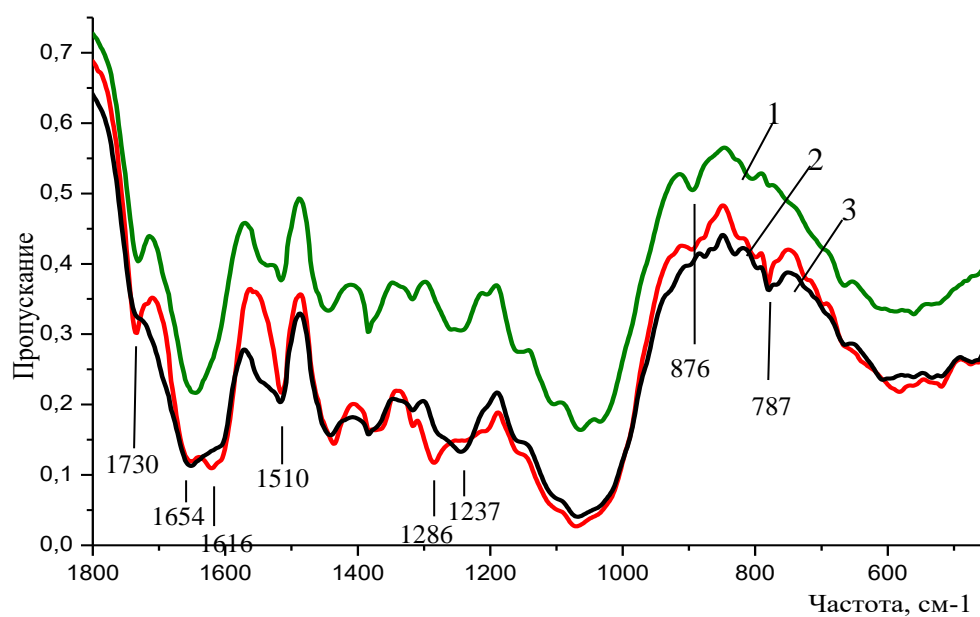


Рис. 12. Сравнение ИК спектров пропускания образцов хвой ели европейской *Picea Abies* и сосны обыкновенной 1-го года жизни, собранных из ПС вдоль автомобильных дорог: 1 – ПС 2, 2 – ПС 6, 3 – ПС 8.

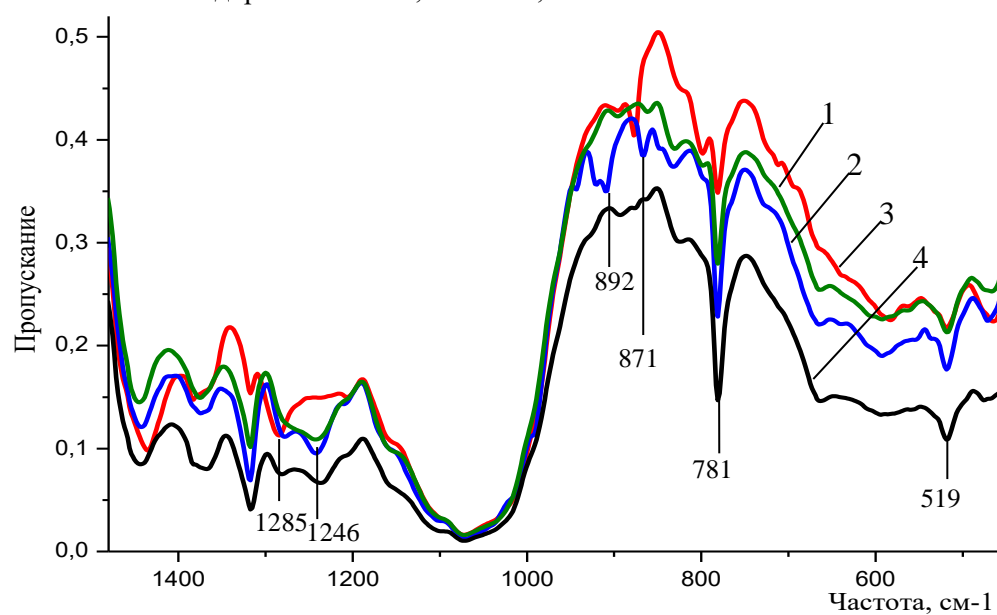


Рис. 13. Сравнение ИК спектров пропускания образцов хвой ели европейской *Picea Abies* и сосны обыкновенной 3-го года жизни собранных из разных ПС: 1 – ПС 6, 2 – ПС 8, 3 – ПС 3, 4 – ПС 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При помощи метода ИК-Фурье спектроскопии для образцов хвой сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L. и ели европейской *Picea Abies* из

ПС в г. Твери исследовали химический состав игл разных лет жизни. Основные изменения в интенсивности ИК полос поглощения сосновых игл наблюдаются в области колебаний: ~ 1730 , $\sim 1640-1610$, $\sim 1540-1510$, $892-880$, $780-760$, $670-662$ см^{-1} . Эти полосы соответствуют различным типам колебания характеристических групп, которые отвечают таким типам соединений как: α -галогензамещенные кетоны (1730 см^{-1}), алкилэфир азотистой кислоты ($1640-1610$ см^{-1}), вторичные алкиламины (1510 см^{-1}), производные бензола (892 см^{-1}), сульфокислоты RSO_3H (780 и $670-662$ см^{-1}). Существенных изменений в ИК спектрах поглощения сосновых игл из фоновой (ПС 1) и антропогенных (ПС 2, ПС 3) зон не обнаружено. В ИК спектрах образцов разных лет жизни из зон с высокой антропогенной нагрузкой (ПС 2 и ПС 3) и фоновой зоны (ПС 1) наблюдается увеличение интенсивности полос поглощения со временем.

В образцах хвои ели европейской *Picea Abies* основные изменения в ИК спектрах поглощения наблюдаются в тех же областях спектра, что и в образцах хвои сосны обыкновенной *Pinus Silvestris* L., но эти изменения более выражены, что свидетельствует о большей степени накопления поллютантов в хвое ели европейской. При сравнении образцов игл двух видов хвойных, собранных из ПС с аналогичной антропогенной нагрузкой, заметна большая разница в ИК спектрах поглощения, подтверждающая, что в иглах ели европейской накопление поллютантов из атмосферного воздуха происходит интенсивнее, чем в иглах сосны обыкновенной.

Ель обыкновенная применяется для озеленения городских территорий, поэтому может быть использована для определения изменений в химическом составе в зависимости от источников загрязнения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки Российской Федерации в рамках выполнения государственных работ в сфере научной деятельности (проект №4.5508.2017/БЧ) на оборудовании Центра коллективного пользования Тверского государственного университета.

Список литературы

1. А.С. Алексеев. Мониторинг лесных экосистем. СПб. 1997. С. 116.
2. Yoshitsks Oishi. Comparison of Pine Needles and Mosses as Bio-Indicators for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons// Jornal of Enviromental Protection, 2013, №4 – 106-113
3. И.А. Зарубина. Оценка состояния культур сосны обыкновенной (*pinus sylvestris* L.) в условиях аэротехногенного загрязнения // Красноярск. 2011. С.188.

4. В.А. Алексеев. Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Таллин. 1982. С. 16-26.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2016 году / Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области. 2016 г.
6. Государственная ФАРМАКОПЕЯ СССР / Общие методы анализа (Лекарственное растительное сырьё) / Выпуск 2. - М.: «Медицина», 1990.
7. N. Duraees, I. Bobos and E. Ferreira Da Silva. Chemistry and FT-IR spectroscopic studies of plants from contaminated mining sites in the Iberian Pyrite Belt. // Portugal Mineralogical Magazine. February. 2008. V. 72(1). PP. 405–409.
8. Ilyashenko N.V., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. Effect of anthropogenic factor on the content of biologically active compounds in *Bidens tripartita* L. And *Potentilla erecta* L. // International Conference “Renewable Wood and Plant Resources: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine” Book of abstracts, June 21-24, 2011, Saint-Petersburg, 2011. PP. 265–266.
9. Ю.В. Голубцова. Изучение возможности применения метода ИК-Фурье-спектроскопии для идентификации плодово-ягодного сырья в многокомпонентных пищевых системах // Успехи современного естествознания. 2016. № 10. С. 20-24.

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC EFFECT ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE CONIFER NEEDLES *PINUS SILVESTRIS* AND *PICEA ABIES* IN TVER CITY

E.M. Tarasova, S.D. Khizhnyak, A.F. Meysurova, P.M. Pakhomov

Tver State University, Tver

Using the method of IR Fourier spectroscopy, *Pinus Silvestris* L. pine needles and european spruce *Picea Abies*, collected in Tver in zones with different anthropogenic effect, established the qualitative chemical composition of needles of different years of life. There are no strong changes in the absorption bands of infrared spectra in pine needles of the ground and anthropogenic zones. When studying the IR spectra of samples from different years of life, an increase in the intensity of the absorption bands is observed from the zone with a high anthropogenic effect and the ground zone. In the pine needle specimens of the european spruce *Picea Abies*, the main changes in the IR absorption spectra are observed in the same areas as in *Pinus silvestris* L. pine needles, but these changes are more pronounced, which indicates more accumulation of pollutants in the needles of the european spruce. When comparing needle samples from two species of conifers collected from a substation with a similar anthropogenic effect, significant

changes in the absorption bands are observed, confirming that in the spruce needles the european accumulation of pollutants from atmospheric air is more intensive than in the needles of Scots pine.

Keywords: *FTIR spectroscopy, pine Pinus Silvestris L., european spruce Picea Abies, chemical composition, accumulation of pollutants.*

Об авторах:

ТАРАСОВА Екатерина Михайловна – инженер лаборатории биотехнологических измерений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д.33, e-mail: biolabtvgu@yandex.ru.

ХИЖНЯК Светлана Дмитриевна – ведущий инженер лаборатории спектроскопии ЦКП, кандидат химических наук, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д.33, e-mail: sveta_khizhnyak@mail.ru.

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна – доцент, доктор биологических наук, декан биологического факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д.33, e-mail: alexsandauraz@mail.ru.

ПАХОМОВ Павел Михайлович – профессор, доктор химических наук, заведующий кафедрой физической химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д.33, e-mail: pavel.pakhomov@mail.ru.

Поступила в редакцию 25 марта 2018 года